

Nutzung von Kontext in ubiquitären Informationssystemen

Context-Awareness in Ubiquitous Computing

Albrecht Schmidt und Hans-Werner Gellersen

TecO, Universität Karlsruhe

Schlagwörter: Kontext, Situative Anwendungen, Ubiquitous Computing

In diesem Beitrag wird Kontextnutzung als eine wesentliche Entwicklung im Bereich ubiquitärer Informationssysteme eingeführt. Es wird ein Modell und eine Klassifikation für interaktive Anwendungen, die Kontext nutzen, vorgestellt. Weiter wird ein Ansatz zur Erkennung von Kontexten, basierend auf Merkmalen erläutert. Schließlich werden empirische Ergebnisse aus einem Projekt, in dem ein Mobiltelefon gebaut wurde, das Kontext nutzt, beschrieben.

The paper introduces context awareness as an important development in ubiquitous computing. A model and classification for interactive context-aware application is presented. In a further section an approach to recognize contexts based on features selected for a situation is described. Finally empirical results from a project where a mobile phone was made context aware are reported.

1 Einführung

Ubiquitous Computing steht für eine neue Qualität der Nutzung von Computer- und Informationstechnologien. Charakterisiert wird diese Entwicklung vor allem durch allgegenwärtige Einbettung von Computern als Sekundärartefakt im Zuge der fortschreitenden Miniaturisierung von Komponenten, sowie durch Realisierung durchgängiger Vernetzung im Zuge der Weiterentwicklung und Integration verschiedener Netzwerktechnologien. Durch Einbettung und Vernetzung entstehen Infrastrukturen, in denen verschiedenste Geräte erschlossen werden für die Nutzung digitaler Information und den Zugriff auf computerbasierte Dienste wann und wo immer diese benötigt werden. Neben Einbettung und Vernetzung ist aber noch ein dritter Trend grundlegend für ubiquitäre Informationssysteme: der Trend zur Nutzung von Kontext, im Sinne der Bezugnahme auf Systemumgebung und Situation der Anwendung. Dieser Trend wird wie Einbettung und Vernetzung durch technologischen Fortschritt begünstigt, hier besonders im Bereich der Sensorik. Die Motivation bezieht er aber primär aus dem Anliegen, die Nutzung von Computern besser an die Aktivität von Menschen in alltäglichen Situationen anzupassen.

Die Nutzung von Kontext ist als komplementär zur allgegenwärtigen Verfügbarkeit von Information und Computeranwendungen zu verstehen. Allgegenwart wird erreicht durch Abstraktion von Anwendungsumgebung und –situation, d.h. insbesondere auch durch Abstraktion vom Ort der Nutzung. Orthogonal dazu kann durch die Erweiterung um Kontextbezug erreicht werden, dass die konkrete Nutzung

einer allgegenwärtig verfügbaren Anwendung an die jeweilige lokale Situation angepasst wird. Die Erweiterung um Kontextbezug gliedert sich dabei in zwei Aufgabenstellungen: zum einen die Erweiterung von Systemen um die Fähigkeit, Aspekte ihrer Umwelt zu erfassen; und zum anderen die Erweiterung von Anwendungen um die Fähigkeit, auf solche Aspekte zu reagieren. Ein Aspekt der Umwelt, der bereits vielfältig für Kontextbezug genutzt wird, ist Ortsinformation. Zur Nutzung von Ort als Kontext stehen dabei einerseits verschiedene Methoden der Ortsbestimmung zur Erweiterung von Systemen zur Verfügung, und andererseits Lokationsmodelle als Grundlage für Ortsbezug in Anwendungen. Kontextbezug kann aber auch über verschiedenste andere Aspekte der Systemumgebung hergestellt werden, wie beispielsweise Identität, Zustand und Aktivität von Objekten und Personen.

In diesem Beitrag wird im nachfolgenden Abschnitt zunächst auf grundlegende Arbeiten zur Nutzung von Kontext in ubiquitären Informationssystemen verwiesen. Daran schließt sich eine Analyse und Klassifikation von interaktiven Anwendungen mit Kontextbezug an, die Ausgangspunkt für die nähere Betrachtung des Konzepts "Kontext" in einem weiteren Abschnitt dieses Beitrags ist. Schließlich werden zu diesem Themenkomplex dann empirische Forschungsarbeiten vorgestellt, die im Rahmen eines EU-Projekts durchgeführt wurden.

2 Grundlegende Arbeiten

Die Nutzung von Kontext in Computeranwendungen im hier diskutierten Sinne ist eng verbunden mit der Unterstützung der Mobilität von Anwendern. Mobile Anwender werden zum einen durch portable persönliche Systeme unterstützt, und zum anderen durch Infrastrukturen und Ressourcen, die von nomadischen Nutzern geteilt werden. Portable persönliche Systeme werden im Gegensatz zu traditionellen Computern an wechselnden Orten und im allgemeinen in einem breiteren Spektrum von Situationen genutzt, so dass sich ein vergleichsweise großes Potential für die Nutzung von Kontext ergibt. Eine besondere Rolle spielt dabei der Ort als Kontext, da sich viele mobile Situationen über den Ort der Nutzung definieren. Lokale Ressourcen, die nomadischen Anwendern zur Verfügung stehen, sind hingegen durch eine Nutzung durch unterschiedliche Anwender zu unterschiedlichen Zeitpunkten gekennzeichnet. Hier stellen Identität und Aktivität von Anwendern sowie Identität und Eigenschaften von Objekten und Ressourcen einen wichtigen Kontext zur Charakterisierung unterschiedlicher Situationen dar.

Eine Vielzahl von Arbeiten in diesem Umfeld hat sich mit der Erschließung und Nutzung von Ortsinformation auseinandergesetzt. Zur Ortsbestimmung stehen mittlerweile unterschiedliche Verfahren sowohl für den Außenbereich als auch für die Positionierung innerhalb von Gebäuden zur Verfügung. Im Außenbereich sind vor allem das auf Satellitenfunk basierende Global Positioning System (GPS) mit Erweiterung um Korrektursignale im Differential GPS zu nennen sowie verschiedene Techniken im Umfeld der Mobilkommunikation wie beispielsweise das Mobile Positioning System (MPS). Im Innenbereich kommen Methoden zum Einsatz, die auf Funkzellen, Infrarotbaken oder auch Ultraschall basieren. Die verschiedenen Verfahren liefern Ortsinformation in unterschiedlicher Form und Genauigkeit, beispielsweise als geozentrische Position mit Fehlern in der Größenordnung von 0.1-10m bei DGPS oder als sogenannte Cell-of-Origin mit grober Auflösung in Mobilkommunikationsnetzen.

Zu den grundlegenden Arbeit zur Erschließung von Lokation über die Ortsbestimmung als solches hinaus zählen das Active Badge Projekt am damaligen Olivetti Research Lab in Cambridge, sowie das Parctab-Projekt im Rahmen der frühen Ubiquitous Computing Arbeiten am Xerox PARC. Im Active Badge wurde Lokation als Dienst im verteilten System realisiert und für verschiedene Lokalisierungs- und Routinganwendungen genutzt [1]. Im Parctab-Projekt wurde die Lokationsinformation weitergehend genutzt, um auch relativen Ortsbezug und über die Lokation ermittelte Identität von Ressourcen als Kontext zu nutzen. Aus diesen Arbeiten heraus hat Schilit auch den Begriff der Context-Awareness in mobilen Anwendungen geprägt, und eine grundlegende Klassifikation von Anwendungen mit Kontextbezug abgeleitet [2].

Während diesen frühen empirischen Arbeiten vergleichsweise einfache Ortsmodelle zu Grunde lagen, sind in der Folge weiterführende Ansätze für die Lokationsmodellierung und Bereitstellung von Lokationsdiensten entstanden [3]. Darauf aufbauend wurden auch konkretere Anwendungsmodelle entworfen, wie beispielsweise zur Auszeichnung von Information für kontextbezogenen Zugriff [4].

Neben Ortsinformation ist Objektidentität ein weiterer grundlegender Aspekt der Systemumgebung, auf den sich Anwendungen beziehen können. In frühen Arbeiten wie dem PARCTab-Projekt wurde Objektidentität indirekt über die Lokation von Objekten aufgelöst, d.h. auf Grundlage von Methoden der Ortsbestimmung. Eine Alternative ist die direkte Identifikation anhand von passiven RFID Tags, die als *Smart Label* ähnlich Aufklebern zur Markierung von physischen Objekten herangezogen werden können. RFID Tags sind im

Prinzip kleine mobile Datenspeicher, die berührungslos über kurze Distanzen ausgelesen werden können. Ein grundlegendes Modell zur Nutzung von Objektidentität ist die Abbildung von Tag IDs auf uniforme Adressen im Internet, um Objekte so mit Information oder Diensten zu verbinden [5]. In dieser Form wird Objektidentität auch im Rahmen des CoolTown-Projekts eingebunden; interessant ist in diesem Projekt die weitergehende Nutzung von Beziehungen zwischen Objekten, Menschen und Lokationen als Kontext für Internet-basierte Dienstleistungen [6].

Es gibt eine Vielzahl weiterer Aspekte der Systemumgebung, die im Prinzip als Anwendungskontext genutzt werden können. Zu nennen ist beispielsweise die Aktivität von Menschen; im Forschungsbereich Affective Computing des MIT MediaLab wurden hierzu verschiedene Anwendungen demonstriert, die biometrische Daten des Anwenders als Kontext integrieren [6].

3 Interaktive Anwendungen mit Kontextbezug

Für interaktive Anwendungen, die Kontext nutzen, liegt meist die Annahme zu Grunde, dass Systeme, die den Kontext ihrer Benutzung kennen, dem Benutzer eine bessere und auf die Situation angepasste Unterstützung bieten können. Diese Annahme ist durch die Beobachtung von lebenden intelligenten Systemen motiviert, die sich auch dadurch auszeichnen, dass sie sich auf ihre Umwelt einstellen können.

Interaktive Anwendungen sind dadurch charakterisiert, dass sie im direkten Dialog mit einem oder mehreren Benutzern stehen. Diese Interaktion ist bis dato nahezu ausschließlich explizit, d.h. der Benutzer teilt dem System explizit die Eingabe mit und erhält dann vom System eine Ausgabe. Explizite Eingaben können durch Kommandozeilen oder graphische Benutzungsschnittstellen (GUI) realisiert werden. Im Beispiel der GUI werden Eingaben durch direkte Manipulation von Objekten auf der Bedienoberfläche durchgeführt.

Anwendungen mit Kontextbezug sind nicht auf die explizite Ein- und Ausgabe beschränkt, sondern können darüber hinaus auch Kontext nutzen [8]. In Abbildung 1 wird ein Anwendungsmodell mit Kontextbezug gezeigt. Hierbei wird Kontext als das angesehen, was eine Anwendung und den Benutzer umgibt. Dies gilt in der Informationswelt, wie auch in der physikalischen Welt.

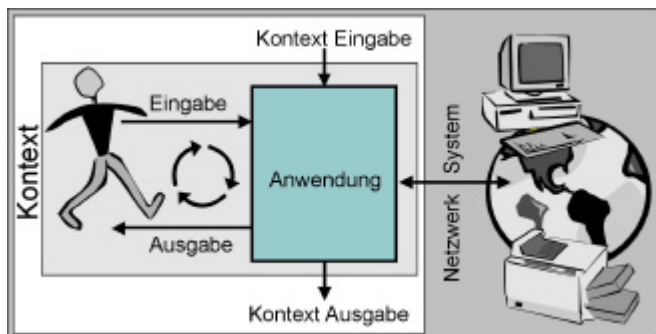


Bild 1: Anwendungsmodell für interaktive Anwendungen mit Kontextbezug

Sehr einfache Formen der Kontext-Nutzung lassen sich in GUI beobachten, z.B. Kontextmenüs. Die Aktionen, die auf bestimmten Objekten durchgeführt werden können, hängen vom Benutzerprofil, von den Benutzerrechten, von den Eigenschaften des Objekts oder anderen Zustandsinformationen im System ab. In dieser Form wird der Kontext zur Reduktion der Interaktionsmöglichkeiten und somit potentiell zur Vereinfachung der Bedienung von Anwendungen genutzt. Anwendungen, die ihren Kontext kennen, ermöglichen implizite Interaktion. Unter impliziter Interaktion werden Handlungen des Benutzers verstanden, die nicht primär zur Interaktion mit dem Computer durchgeführt werden, aber vom Computer als Eingaben interpretiert werden. Ein einfaches Beispiel ist ein Benutzer, der durch die Tür in seine Wohnung geht. Dies ist eine Handlung, die er nicht durchführt, um mit einem Computer zu interagieren, die aber sehr wohl von einem Computer als Eingabe interpretiert werden kann. Diese Diskussion und der damit verbundene Paradigmenwechsel von expliziter zu impliziter Interaktion wurde in [9] vertieft.

Anwendungsmodell

Um Anwendungen, die Kontext verwenden, modellieren und programmieren zu können, wird folgendes Anwendungsmodell vorgeschlagen.

$$A=(W, Q, \hat{A})$$

$$W=\{k_1, k_2, \dots, k_n\}$$

$$Q=\{f_1, f_2, \dots, f_3\}$$

$$\hat{A}: P(W) \rightarrow P(Q)$$

Eine Anwendung (A) ist ein 3-Tuple mit den Komponenten W , Q , und \hat{A} . W ist die Menge der in der Anwendung verwendeten Kontexte k_i , Q ist die Menge der zur Anwendung gehörenden Funktionen f_i , und \hat{A} ist eine Relation, die eine Abbildung von der Potenzmenge der Kontexte auf die Potenzmenge der Funktionen beschreibt. Eine Anwendung wird somit dadurch beschrieben, in welchem Kontext oder in welcher Kombination von Kontexten welche Funktionen ausgeführt werden sollen. Programme werden erstellt, indem die Menge der relevanten Kontexte, die benötigten Funktionen und die Verknüpfung zwischen diesen beschrieben wird.

Klassifikation von Anwendungen

Kontext bedeutet mehr als nur Ortsbezug [10]. In der folgenden Tabelle 1 wird ein grober Überblick über verschiedene Klassen von Anwendungen mit Kontextbezug gegeben.

Bezug auf	Erklärung und Beispiele
Systemzustand	Objekte in Bearbeitung, Fokus, Konnektivität, Zeit
Ort (absolut)	Symbolisch oder geometrisch, GPS-Koordinaten, Postadresse
Ort (relativ)	Abstand zu anderen Objekten, Systemen oder Anwendungen; geometrisch oder symbolisch
Objektidentität	Identität von Objekten, Systemen oder Anwendungen in der "Umgebung"; klassenbezogen, z.B. Drucker oder Milchflasche; absolute Identität, z.B. Person X oder Rechner 129.13.170.1
Aktivität	Aktivität des Benutzers der Anwendung, Tätigkeit, Bewegungsmuster, Aufgabe; Mikroaktivität, z.B. stehen, gehen, sprechen, sich setzen, Hand heben Makroaktivität, z.B. arbeiten, ausruhen, telefonieren, an einer Besprechung teilnehmen
Situation	Allgemeinste Form, Anwendung kann sich auf ein beliebiges Merkmal einer Situation oder eine Kombination davon beziehen.

Tabelle 1: Klassifikation von Anwendungen mit Kontextbezug.

Wie sich aus der Tabelle ersehen lässt, hängt der relative Ortsbezug und die Identität von Objekten eng zusammen. Mit der Bezeichnung "ein Objekt in der Nähe" wird eine unscharfe relative Ortsbezeichnung ausgedrückt. Diese Bedingungen sind nicht zwangsläufig geometrisch und haben ihren Hintergrund oft in einem menschlichen Verständnis von Raum und Nähe, das sehr stark von Medien abhängt (z.B. in Rufweite, in Sichtweite, greifbar, im gleichen Raum). Darüber hinaus wird der Begriff der Nähe auch durch Technologien zur Erfassung von Objektidentität geprägt. Z.B. ist ein Objekt in der Nähe eines Barcode-Lesers, wenn dieser es erfassen kann.

Die Unterscheidung von Aktivität in Mikroaktivität und Makroaktivität erscheint für die konzeptuelle wie technische Umsetzung der Kontexterkenkung als sehr wesentlich. Es hat sich gezeigt, dass Mikroaktivitäten allgemeingültig spezifiziert und erkannt werden können, wohingegen Makroaktivitäten sehr spezifisch sein können. Z.B. ist die Mikroaktivität "sich setzen" bei den meisten Benutzern ähnlich, wohingegen eine Makroaktivität "Arbeiten" sich sehr stark unterscheiden kann.

Im nächsten Abschnitt wird den Fragen *Was ist eine Situation?* und *Wie lässt sie sich charakterisieren?* nachgegangen.

4 Von der Situation zum Kontext

Der Begriff Situation - im allgemeinen Sinne - beschreibt die augenblickliche Lage, die Verhältnisse, die Umstände oder den allgemeinen Zustand, in dem sich jemand (oder etwas) befindet (vgl. Duden). Konkrete Situationen lassen sich im allgemeinen nicht vollständig und objektiv beschreiben. Für die Nutzung von Kontext in Anwendungen genügt es, Situationen durch ihre charakteristischen Merkmale hinreichend genau zu beschreiben. Dabei kommt der Auswahl der Merkmale besondere Bedeutung zu, weil durch diese die wesentlichen Aspekte, welche die Situation definieren, festgelegt werden.

Betrachtet man Vorgänge in der realen Welt, so lässt sich feststellen, dass Situationen nicht isoliert auftreten und dass Abhängigkeiten zwischen Situationen bestehen. Mit der Kenntnis der aktuellen Situation lassen sich Wahrscheinlichkeiten für Folgesituationen abschätzen. Zur Modellierung und Implementierung bieten sich hier Markov-Ketten oder Zustandsautomaten an.

Merkmale erfassen

Der Vorgang der Wahrnehmung einer gesamten Situation ist ein komplexer Vorgang. Um das Erkennen von Situationen zu vereinfachen und technisch umzusetzen, bietet die Aufteilung in charakteristische Merkmale eine wesentliche Vereinfachung.

Um Systeme zu bauen, die eine reproduzierbare Erfassung von Situationen ermöglichen, ist die folgende Vorgehensweise hilfreich:

1. Verbindliche Festlegung der Situationen, die für die Anwendung relevant sind
2. Verbindliche Festlegung der charakteristischen Merkmale einer Situation
3. Für jedes Merkmal und für jede Situation wird der Wert (die Beschreibung) des Merkmals festgelegt, welcher die Situation indiziert

Die Werte von Merkmalen können Skalare, Vektoren oder auch allgemeine Beschreibungen sein. Durch diese Vorgehensweise wird die Situation auf den Merkmalsraum reduziert, d.h. im Designprozess findet eine Abstraktion statt. Durch die Verwendung von Merkmalen wird die zu erfassende Datenmenge wesentlich reduziert.

Wahrnehmung von Kontext

Sind die Werte der Merkmale bekannt, wird daraus der Kontext berechnet. Die Verknüpfung der Merkmale und die Berechnung des Kontexts kann auf einer expliziten oder impliziten Beschreibung beruhen. Ein Beispiel für eine explizite Formulierung sind logische Regeln basierend auf den Merkmalen. Ein neuronales Netz ist ein Beispiel für eine implizite Beschreibung der Verknüpfung. Um diese Beschreibung erstellen zu können, muss der Merkmalsraum für die verschiedenen Situationen analysiert werden. Dies kann z.B. durch eine Datenaufnahme und eine anschließende statistische Auswertung geschehen. Ähnlich wie Situationen kommen Kontexte auch nicht isoliert vor. Für eine gegebene Menge von Kontexten (Kontextraum) lässt sich eine Matrix mit Übergangswahrscheinlichkeiten aufstellen. Diese Übergangswahrscheinlichkeiten können dann ebenfalls den Erkennungsprozess unterstützen.

5 Ein Mobiltelefon mit Kontextbezug

Mobiltelefone sind über die letzten Jahre allgegenwärtige persönliche Begleiter ihrer Benutzer geworden. Die Situationen, Orte und Umgebungen, in denen Menschen damit telefonieren, sind so vielfältig, dass eine Aufzählung unmöglich erscheint. Die Erwartungshaltung gegenüber der Funktionalität des Geräts und den Benutzerschnittstellen ist aber sehr stark von der Situation abhängig. Darüber hinaus ergeben sich aus dem sozialen Umfeld weitere Implikationen bezüglich der Verwendung eines Mobiltelefons. Physikalische Randbedingungen, z.B. wie oder wo wird das Telefon getragen, erfordern ebenfalls bestimmte Ausprägungen der Benutzerschnittstelle.

Die folgenden Beispiele sind ein Auszug aus einer Analyse über die Benutzung von Mobiltelefonen und verdeutlichen diesen Sachverhalt.

- Hat der Benutzer das Telefon in der Hand, kann er die Benachrichtigung über einen ankommenden Anruf sehr leicht erkennen. Es reicht ein kurzes akustisches Signal, um einen Anruf zu signalisieren.
- In einer formalen Besprechung wird es häufig als unhöflich betrachtet, wenn Teilnehmer akustisch über ankommende Anrufe benachrichtigt werden. Hingegen stört eine subtile visuelle Anrufanzeige meist nicht.
- Befindet sich das Mobiltelefon in einer Tasche am Körper des Benutzers, so werden akustische Signale stark gedämpft, und es geschieht leicht, dass ein Anruf überhört wird. Hingegen ist in einer solchen Situation ein Vibrationsalarm sehr effektiv.
- Wenn der Benutzer, nachdem ein ankommender Anruf signalisiert wird, zum Telefon greift, ist die Aufgabe der Benachrichtigung bereits erfüllt. Beim Erkennen der Mikroaktivität „Telefon greifen“ kann die Benachrichtigung eingestellt werden.

Kommerziell verfügbare Telefone überlassen es dem Benutzer, diese Einstellungen vorzunehmen. Verschiedene Hersteller unterstützen und beschleunigen die manuelle Änderung der Systemeinstellungen durch das Konzept der Profile. Anstatt alle Einstellungen auf die aktuelle Situation anzupassen, muss der Benutzer nur das zur Situation passende Profil auswählen. Initial müssen die Einstellungen für jedes Profil einmalig gewählt werden.

In europäischen Projekt „Technology for Enabling Awareness“ (TEA, [11]) wurde der Ansatz verfolgt, die Auswahl der Profile abhängig vom Kontext zu automatisieren. Die Grundidee des Projekts besteht darin, eine Komponente zu entwickeln, mit der kleine mobile Geräte und insbesondere Mobiltelefone auf einfache Weise mit Wahrnehmung ausgestattet werden können. Die Wahrnehmung basiert dabei auf Informationen, die von einfachen und billigen Sensoren geliefert werden. Ein weiteres Ziel ist, die Erkennung von Kontext auf Grund dieser Daten mit minimalem Rechenaufwand zu ermöglichen. Die so gewonnene Information über den Kontext macht es möglich, die Benutzerschnittstelle, insbesondere die Funktionen zur Benachrichtigung über eingehende Anrufe (akustisch, taktil, visuell), auf die jeweilige Situation anzupassen.



Bild 2: Prototyp des Telefons mit Kontextbezug.

Der im Rahmen des Projekts gebaute Prototyp ist in Abbildung 2 zu sehen. Der zentrale Baustein der Kontextkomponente ist ein PIC16F877-Microcontroller. Dieser bietet eine Reihe von digitalen und analogen Eingängen sowie digitalen Ausgängen. Verschiedene Sensoren sind direkt oder über Verstärkerschaltungen an den Controller angeschlossen. Die Kommunikation mit den Geräten, welche die Kontextinformation nutzen, wird über die serielle Schnittstelle abgewickelt. Das Blockschaltbild ist in Abbildung 3 dargestellt. Die Größe der Komponente ist so gewählt, dass sie sich in den Batteriepack eines Nokia 6110 Mobiltelefon einbauen lässt. Im einzelnen wurden folgende Sensoren (unter [11] sind genauere Angaben und Verweise zu den Datenblättern zu finden) verwendet:

- Beschleunigungssensor (ADXL202), zwei Achsen, direkt auf der Platine, dieser Sensor gibt im Ruhezustand Information über den Neigungswinkel
- Mikrofon zur Aufnahme der Umgebungsgeräusche, Gehäusedurchbruch
- zwei Lichtsensoren, verschiedene Empfindlichkeit, Gehäusedurchbruch
- Temperatursensor (DS1820), direkt auf der Platine

- flächige Berührungssensoren, an den Seiten des Geräts, kapazitives Prinzip

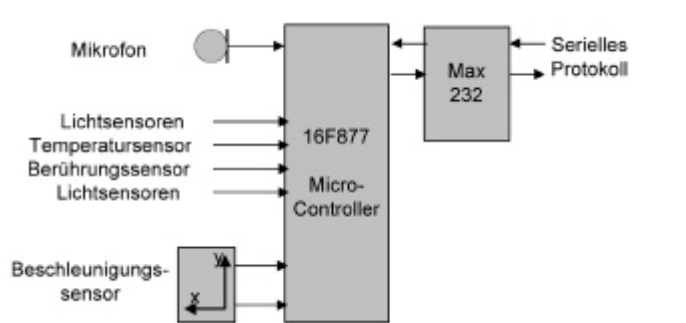


Bild 3: Prinzipschaltbild der Kontextkomponente

Da für mobile Geräte die Batterielaufzeit eine wesentliche Rolle spielt, wurde bei der Auswahl der Sensoren und beim Hard- und Software-Design auf geringen Energieverbrauch besonderer Wert gelegt. Die gesamte Verarbeitung der Sensordaten, die Kontexterkenkung und die Kommunikation mit dem Mobiltelefon wird durch den Micro-Controller bewerkstelligt. Für das System wurde eine mehrstimmige Erkennungsarchitektur entwickelt, diese wurde detailliert in [12] vorgestellt. Das Konzept der Erkennung basiert auf der Extraktion von Merkmalen aus den Sensordaten auf Basis von einfachen statistischen Funktionen. Dabei können aus einem Sensor verschiedene Merkmale extrahiert werden, wobei sich ein Merkmal aber klar einem Sensor zuordnen lässt. Die folgende Tabelle 2 zeigt für den Beschleunigungssensor exemplarisch die verwendeten Merkmale basierend auf einer Abtastrate von 100Hz über einen Zeitraum von zwei bis vier Sekunden.

Merkmal	Beschreibung
$\sum \text{abs}(x_i - x_{i-1})$	Maß für die Bewegung in X-Richtung
$\sum \text{abs}(y_i - y_{i-1})$	Maß für die Bewegung in Y-Richtung
$\max(x_i) - \min(x_i)$	Maß für den Positionsbereich in X-Richtung
$\max(y_i) - \min(y_i)$	Maß für den Positionsbereich in Y-Richtung
$\sum (x_i - x_{i-1})$	Maß für die gerichtete Bewegung in X-Richtung
$\sum (y_i - y_{i-1})$	Maß für die gerichtete Bewegung in Y-Richtung
$\varnothing(x_i)$	Position in X-Richtung
$\varnothing(y_i)$	Position in Y-Richtung

Tabelle 2: Merkmale des Beschleunigungssensors.

In einer weiteren Stufe wird der aktuelle Kontext aus den gewonnenen Merkmalen berechnet. Dies kann abhängig vom Einsatzszenario über explizite Regeln oder über ein einfaches offline trainiertes neuronales Netz erfolgen. Basierend auf dem über die Merkmale errechneten Kontext und dem Wissen über den aktuellen Kontext im System und der Information über die Übergangswahrscheinlichkeiten zwischen den Kontexten wird die Entscheidung über einen Kontextübergang getroffen. Tritt ein Kontextübergang auf, wird über die serielle Schnittstelle auf dem Mobiltelefon das zugehörige Profil eingestellt.

Mit der prototypischen Implementierung wurden Versuche durchgeführt, welche zu folgenden Ergebnissen führten:

1. Sehr einfache Kontexte, wie Mikroaktivitäten (Telefon wird abgelegt, Telefon wird in die Tasche gesteckt), lassen sich sehr leicht und mit sehr großer Zuverlässigkeit erkennen.
2. Das Wissen über Mikroaktivitäten und einfache Kontexte eignet sich sehr gut, um die Benutzerschnittstelle auf die Situation anzupassen. Benutzer werten diese Eigenschaft überwiegend als sehr positiv, sogar wenn die Erkennungsrate nicht optimal ist.
3. Komplexe Kontexte (z.B. formale Besprechung) lassen sich ohne weitere Randbedingungen mit minimaler Rechenleistung und einfachen Sensoren nur bedingt erkennen. Weitere Randbedingungen oder Vereinbarungen (z.B. in der Besprechung liegt das Telefon auf dem Tisch) führen zu einer wesentlichen Verbesserung der Erkennungsleistung.

4. Für sicherheitskritische Anwendungen (z.B. automatische Abschaltung im Flugzeug) ist der Ansatz problematisch, da Erkennungsraten über 96% nur schwer zu erreichen sind.

6 Zusammenfassung

Mit der Entwicklung des Ubiquitous Computing kann man beobachten, dass der Zugriff auf Informationen und Anwendungen „immer und überall“ Wirklichkeit wird. Benutzer verwenden Computer in vielen verschiedenen Situationen des täglichen Lebens.

Die Nutzung von Kontext ist komplementär zur allgegenwärtigen Verfügbarkeit von Information. Anwendungen, die ihren Kontext kennen, können dem Benutzer eine Unterstützung bieten, die besser auf seine Situation abgestimmt ist.

Im Beitrag wird ein Anwendungsmodell für interaktive Anwendungen vorgestellt, das Kontext als integralen Bestandteil nutzt. Kontext wird als Abstraktion von Situation betrachtet und geht wesentlich über den Ort der Nutzung hinaus. Im Beitrag wird eine Klassifikation von Anwendungen bezogen auf ihre Kontextnutzung vorgestellt. In einer weiteren Betrachtung wird erörtert, wie man aus der Situation in der realen Welt auf einen Kontext schließen kann.

Abschließend wird die Implementierung eines Mobiltelefon vorgestellt, das Kontext nutzt. Das Telefon ist mit Sensorik und Rechenleistung ausgestattet. Durch die Extraktion von Merkmalen aus den Sensordaten wird der Kontext der Benutzung erkannt. Die Benutzerschnittstelle wird dann auf den Kontext automatisch angepasst. Die empirischen Ergebnisse zeigen, dass mit einfacher Sensorik und minimaler Rechenleistung Geräte um die Wahrnehmung für Kontext erweitert werden können. Durch die Nutzung von Kontext kann somit auch die explizite Interaktion durch implizite Bestandteile ergänzt werden.

Literatur

- [1] Want, R., Hopper, A., Falcao, V. und Gibbons, J.: The Active Badge Location System. ACM Transaction on Information Systems 10 (1992) 1, S. 42-47.
- [2] Schilit, B.N., Adams, N.L. und Want, R.: Context-aware computing applications. Proceedings of IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, Santa Cruz, CA, USA, Dezember 1994.
- [3] Leonhard, U., Magee, J. und Dias, P.: Location service in mobile computing environments. Computer & Graphics 20 (1996) 5, S. 627-632.
- [4] Brown, P.J.: The stick-e document: a Framework for Creating Context-aware Applications. Electronic Publishing '96, S. 259-272.
- [5] Want, R., Harrison, B.L., Fishkin, K.P. und Gujar, A.: Bridging Physical and Virtual Worlds with Electronic Tags. ACM SIGCHI'99, Pittsburgh, USA, Mai 1999.
- [6] Kindberg, T. et al.: People, Places, Things: Web Presence for the Real World. Proceedings of IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, Monterey, CA, USA, Dezember 2000.
- [7] Healey, J. und Picard, R.: StartleCam: A Cybernetic Wearable Camera. Proceedings of the IEEE Int. Symposium on Wearable Computing, Pittsburgh, USA, Oktober 1998, S. 42-49.
- [8] Lieberman, H. and Selker, T.: "Out of Context: Computer Systems. That Adapt To and Learn From Context," IBM Systems. Journal 39, Nos.3 & 4, 2000.
- [9] Schmidt, A., Implicit Human Computer Interaction Through Context. Personal Technologies Volume 4(2&3), June 2000. pp191-199.
- [10] Schmidt, A. Beigl, M. Gellersen, H.W.: There is more to context than location. Computers & Graphics Journal, Elsevier, Volume 23, No.6, Dez 99, pp 893-902.
- [11] TEA. Technology for Enabling Awareness. European Esprit Project 26900. <http://tea.starlab.org/>
- [12] Schmidt, A. Aidoo, K.A., Takaluoma, A., Tuomela, U. Van Laerhoven, K., Van de Velde, W.: Advanced Interaction in Context. 1th Int. Symposium on Handheld and Ubiquitous Computing (HUC99), Germany, 1999 & Lecture notes in computer science; Vol 1707, Springer, 1999, pp 89-101

Dipl.-Inform. Albrecht Schmidt untersucht als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Telematik der Universität Karlsruhe die Nutzung von Kontext in mobilen und verteilten Systemen.

Adresse: Universität Karlsruhe, Telecooperation Office (TecO), Vincenz-Prießnitz-Str. 1, D-76131 Karlsruhe, Tel.: 0721-690229, Fax: 0721-9663418, E-Mail: albrecht@teco.uni-karlsruhe.de

Dr.-Ing. Hans-Werner Gellersen leitet als wissenschaftlicher Assistent an der Universität Karlsruhe das Telecooperation Office (TecO), zuständig für Kooperations- und Konsortialprojekte im Bereich angewandter Telematik mit Schwerpunkt in den Bereichen Internet-Technologien und Ubiquitous Computing.

Adresse: Universität Karlsruhe, Telecooperation Office (TecO), Vincenz-Prießnitz-Str. 1, D-76131 Karlsruhe, Tel.: 0721-690249, Fax: 0721-9663418, E-Mail: hwg@teco.uni-karlsruhe.de

Autor	Titel	Dateiname	Datum	Seite
Albrecht Schmidt und Hans-Werner Gellersen	Nutzung von Kontext in ubiquitären Informationssystemen	context-it-ti-v3-layout.doc	04.07.2001	8 (8)